

J-PARC高運動量ビームライン標的近傍の ビームプロファイル測定システム

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所

武藤 史真、青木 和也、上利 恵三、秋山 裕信、家入 正治、
小沢 恭一郎、加藤 洋二、倉崎 るり、小松 雄哉、里 嘉典、
澤田 真也、高橋 仁、田中 万博、豊田 晃久、広瀬 恵理奈、
皆川 道文、森野 雄平、山野井 豊、渡邊 丈晃

目次

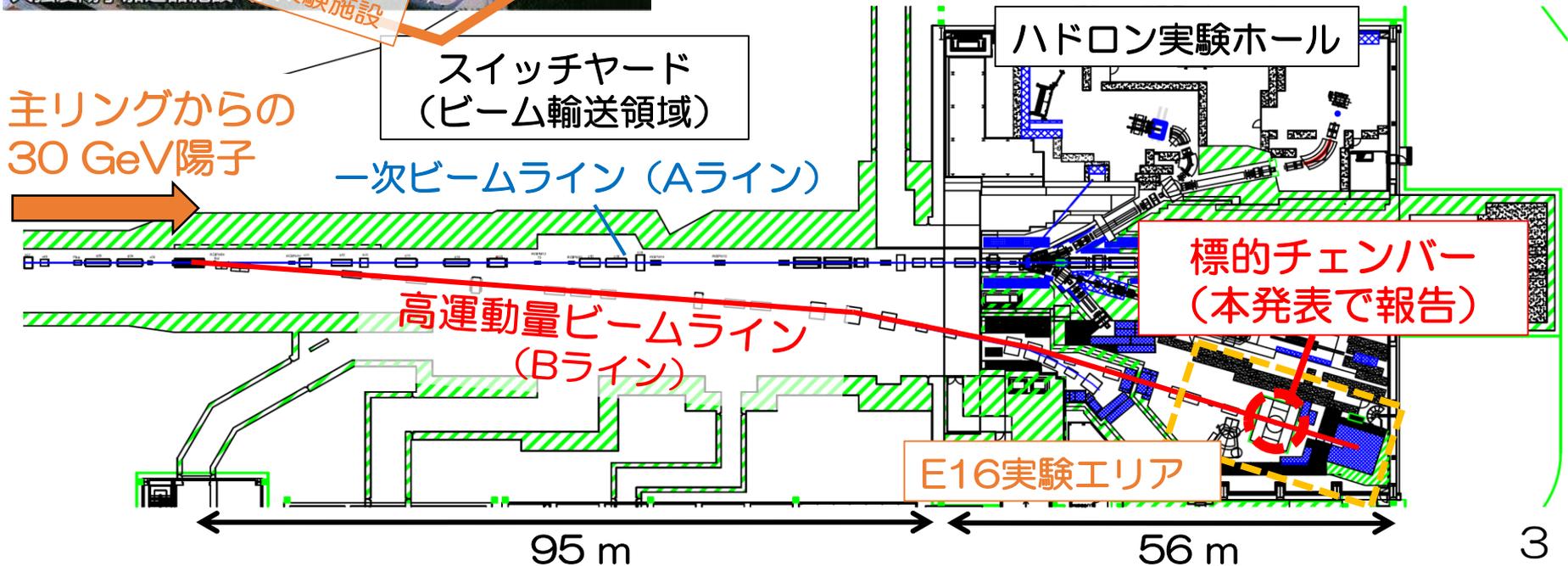
1. J-PARC高運動量ビームラインについて
2. 標的チェンバーの開発
 - ◎要求仕様、製作過程
 - ◎ビームプロファイルの測定方法
3. ビームプロファイルの測定結果
4. まとめ

J-PARC 高運動量ビームライン



高運動量ビームライン

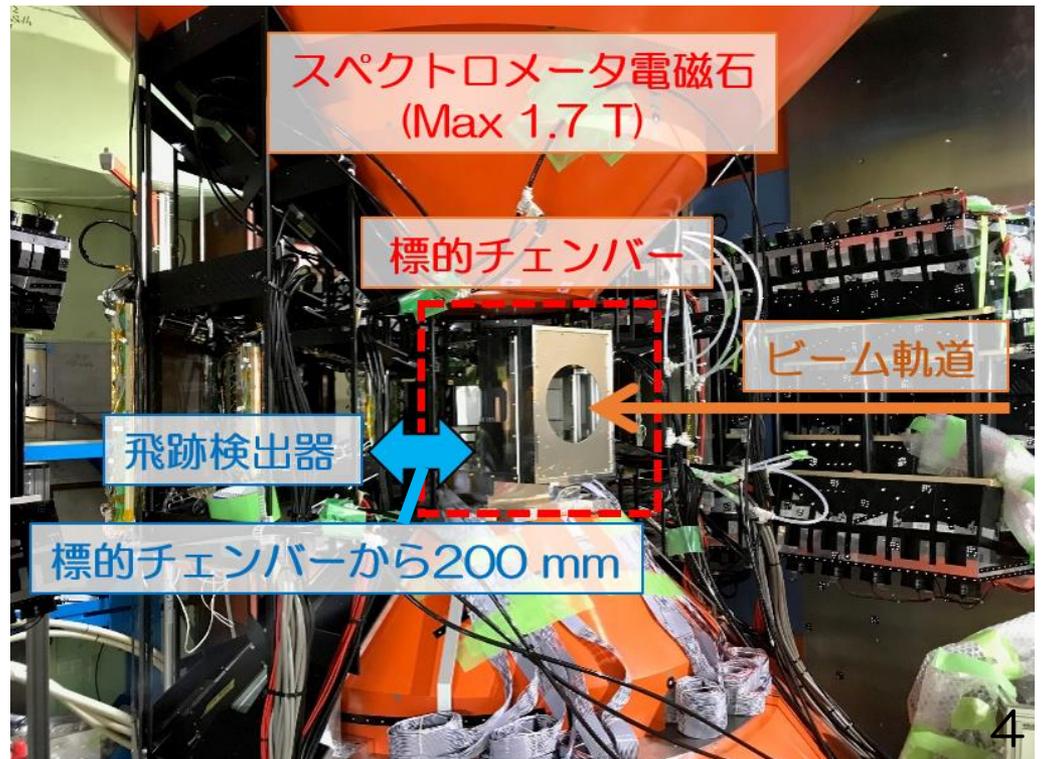
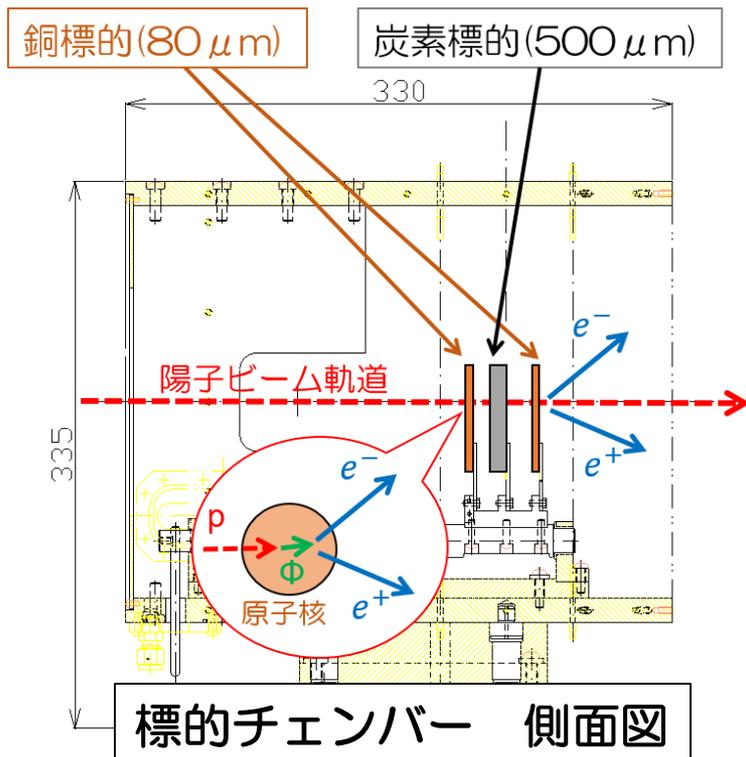
- 2019年、J-PARCハドロン実験施設に新設された。
- ビームの運動エネルギーは30 GeVで、既存の一次ビームラインから分岐し、E16実験エリアにビームを直接輸送する。
- 2020年5月に初のビーム取り出しに成功し、 1×10^{10} 陽子/spillのビーム強度で連続運転を行った。



E16実験と標的チェンバー

標的チェンバーの動作環境

- 高運動量ビームラインで最初に実施されるE16実験に使用する。
- E16実験では、3枚の標的で生成された電子対の軌道を飛跡検出器で捉える。
- 飛跡検出器と標的が近いため低BG化と、標的近傍でのビームプロファイル測定を両立する必要がある。
- 加えて、電子対の運動量測定のため、標的チェンバーは最大磁束密度1.7 Tのスペクトロメータ電磁石の磁極内に設置される。



目次

1. J-PARC高運動量ビームラインについて
2. 標的チェンバーの開発
◎要求仕様、製作過程
◎ビームプロファイルの測定方法
3. ビームプロファイルの測定結果
4. まとめ

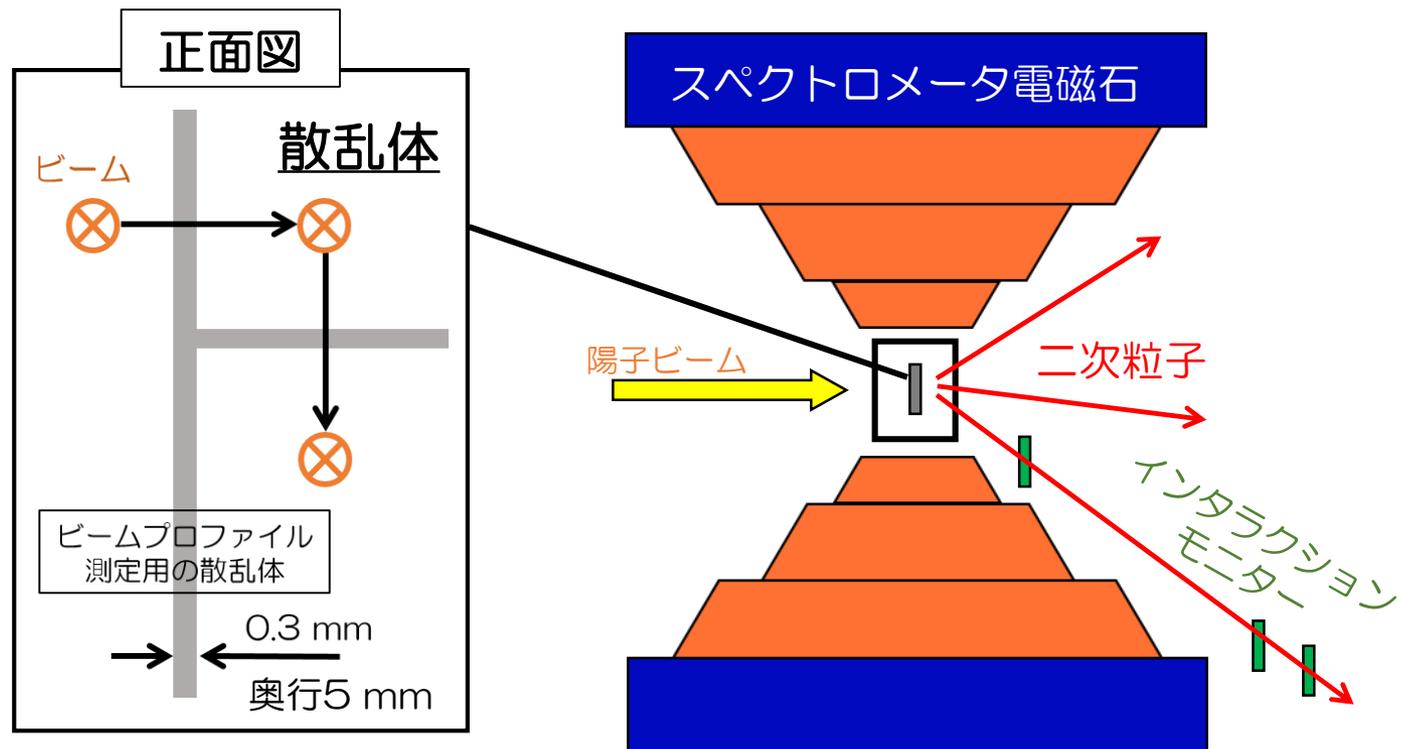
標的チェンバーへの要求事項

要求仕様	目的		
	動作環境	低BG化	ビームモニター
➤ 強磁場中でのプロファイル測定が可能なこと。 (目標ビーム幅は1.5 mm)	○		○
➤ 製作・設置精度は±0.1 mm以内であること。			○
➤ 標的、蛍光板等はビーム軌道上から逃がせること。		○	○
➤ 構成部品は非磁性かつ低物質質量材料を使用する。	○	○	
➤ ビーム、生成電子対の軌道上は、特に物質質量を制限し、マイラーのみで製作すること。		○	
➤ 空気の放射化対策のため、Heを封入でき、実験期間中、この気密性を保持できること。 (マイラーで気密性を保持すること)	○	○	

⇒ 設置精度(±0.1 mm)の確保にはある程度の剛性が必要であるが、外枠をアルミ、マイラーのみで製作せねばならず、気密性も必要。しかも、標的位置を切替操作できるようにする。(難しい!!)

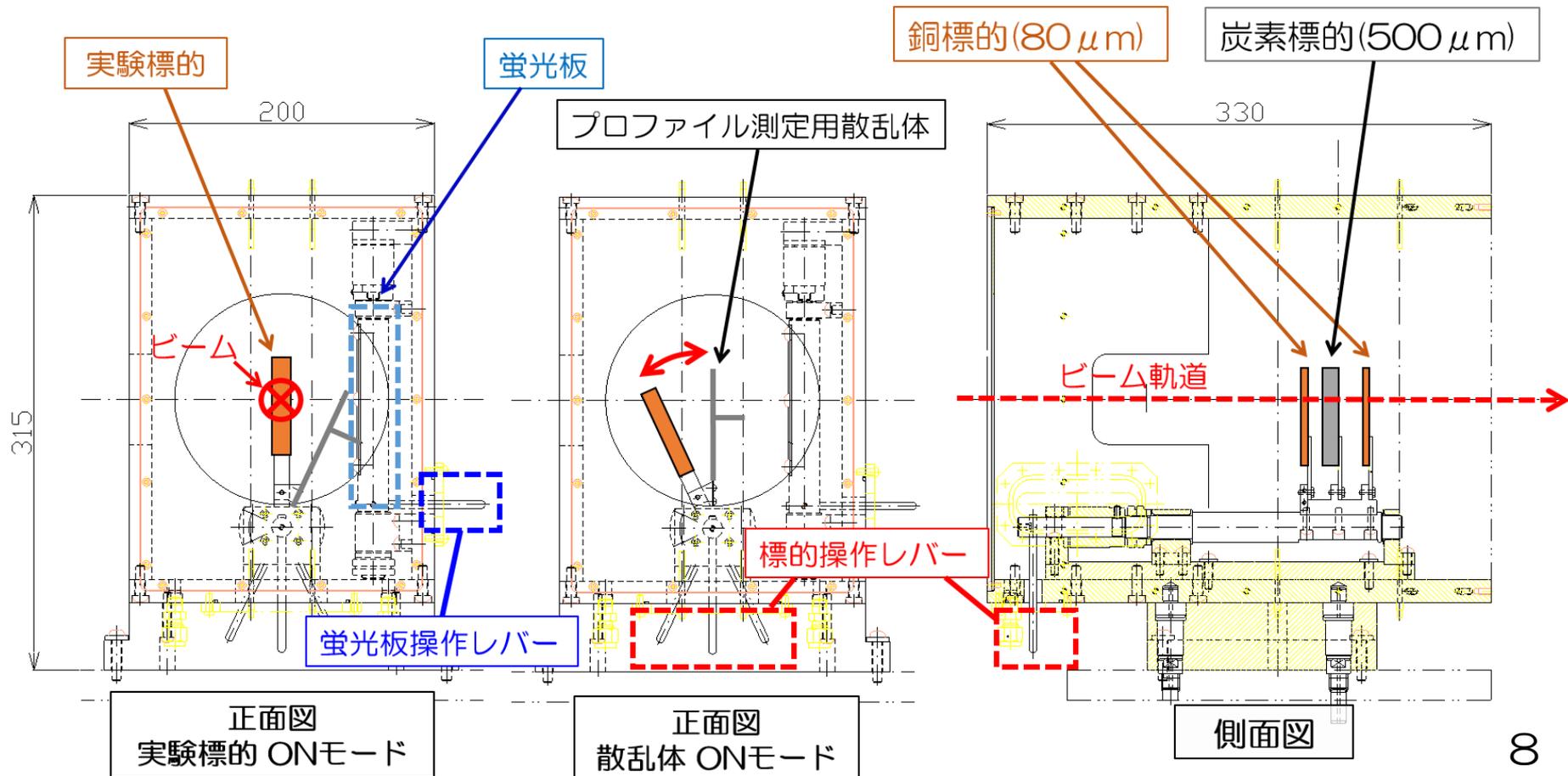
磁場中でのビームプロファイル測定

- 磁場中ではイオンチェンバーによるプロファイル測定は出来ない。
- ビームプロファイル測定には、ト形のBeCu製金属棒（散乱体）を使用する。
- 散乱体にビームを横切らせることで、二次粒子をビーム下流に生成し、これをインタラクションモニター（IM）で計数する。
- IMを通過する二次粒子数は、散乱体を通過したビーム量に比例するため、ビーム分布を測定することが出来る。



プロフィール測定と低BG化の両立

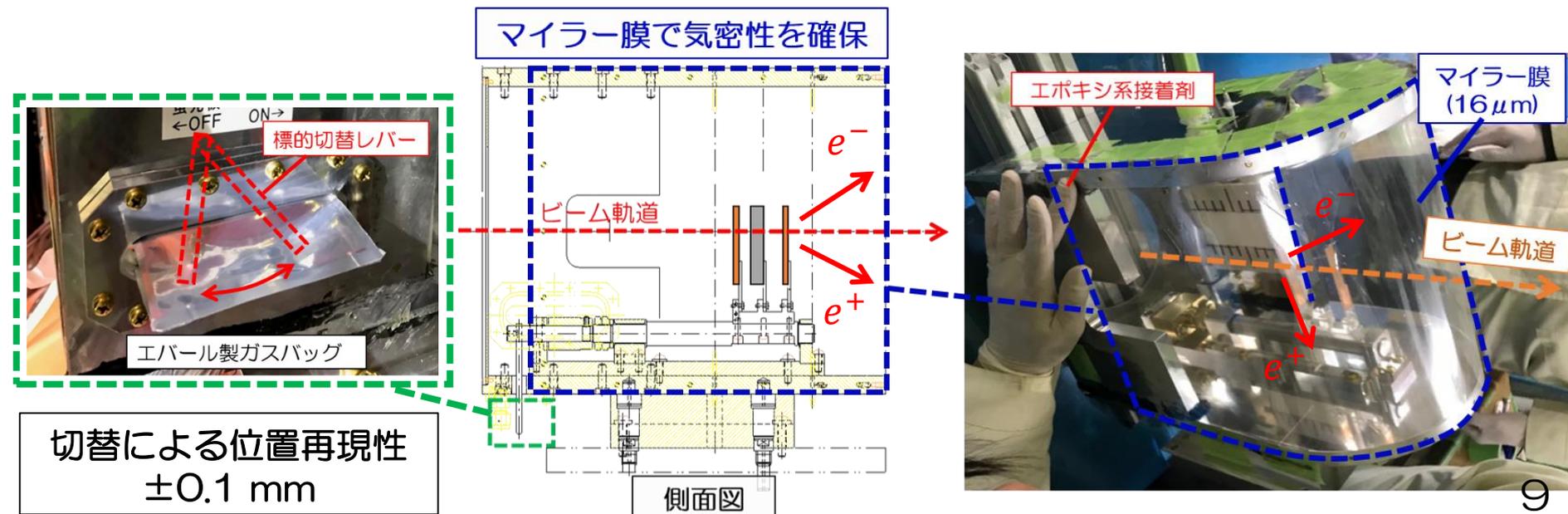
- 低BG化のため、プロフィール測定後には、散乱体はビーム軌道から外す必要がある。
- そこで、レバー操作によって、実験標的と散乱体を切り替えられる設計とした。
- 同様に、蛍光板もビーム軌道に対してON/OFF出来る構造になっている。



He封入のための気密性確保

◎空気の放射化対策のためチェンバー内部にはHeを封入して使用する。

- 標的切り替えのための、専用のエパール製ガスバッグを開発。
→ 気密性と、設置精度確保のため。
- チェンバーの側面はマイラーで製作されているが、エポキシ接着剤&コーキングによって、気密性を確保した。
- チェンバーの気密性を加圧法、スニフアー法の2方式で確認。
→ リーク量は $5 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ と見積もられ、基準値リーク量である $2.6 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ を十分満たした。

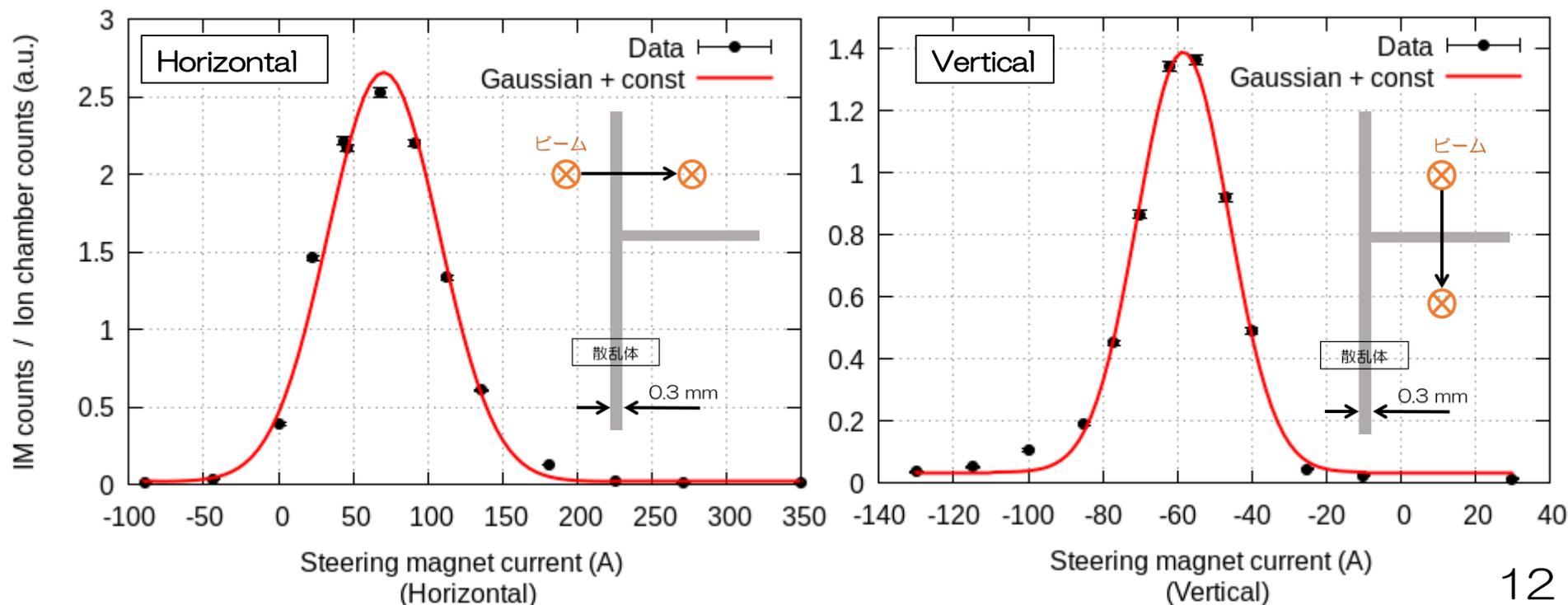


目次

1. J-PARC高運動量ビームラインについて
2. 標的チェンバーの開発
 - ◎要求仕様、製作過程
 - ◎ビームプロファイルの測定方法
3. ビームプロファイルの測定結果
4. まとめ

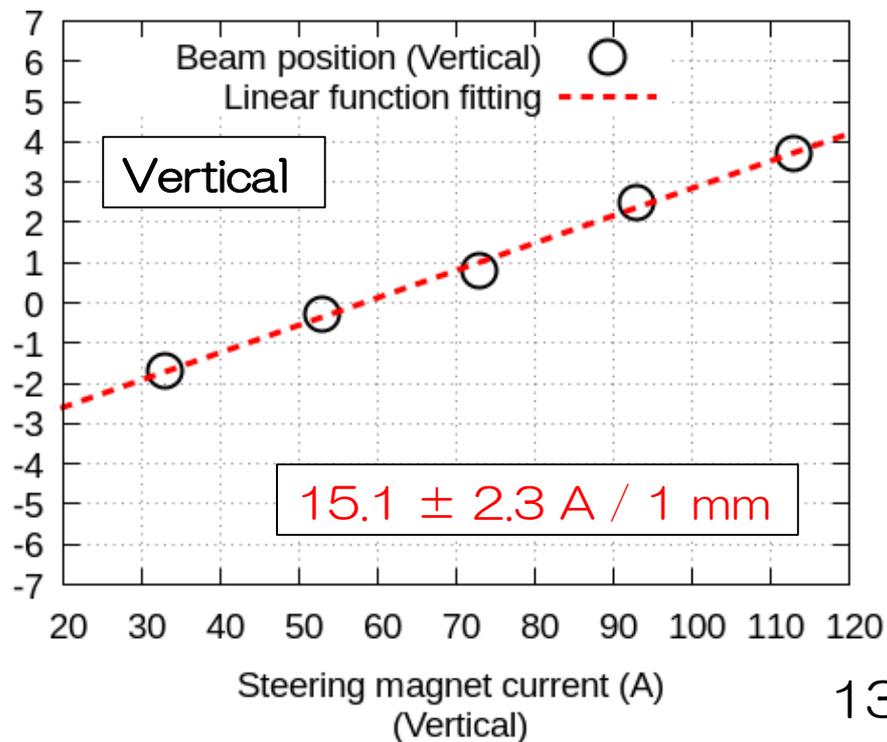
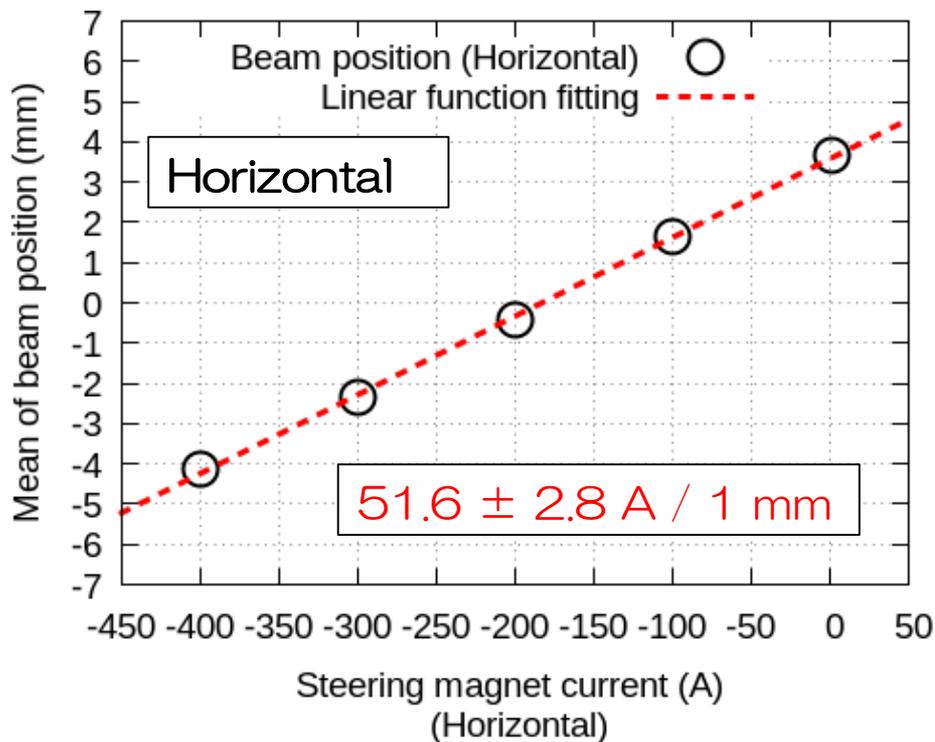
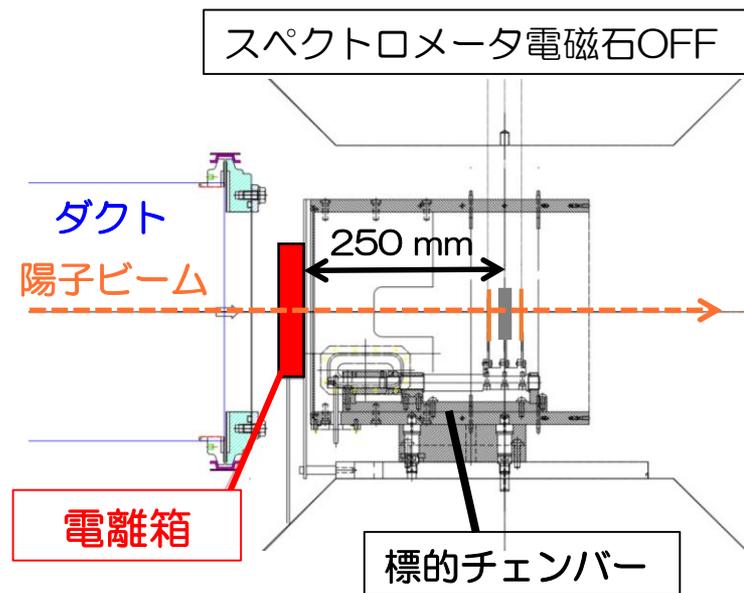
ビームプロファイル（散乱体ターゲットティング）

- ステアリング電磁石によって、ビームが散乱体を横切るように移動させた。
- 磁石電流値を変えながらビームを散乱体に照射し、下流での二次粒子数の増減を計数した。
- ビームごとにビーム総量が異なるため、ビームダンプに設置されたイオンチェンバーでビーム総量を測定し、データの規格化に用いた。
- 下図は、ビーム総量で規格化された二次粒子数の増減を表している。
- ステアリング磁石電流に対するビーム分布が測定できた。



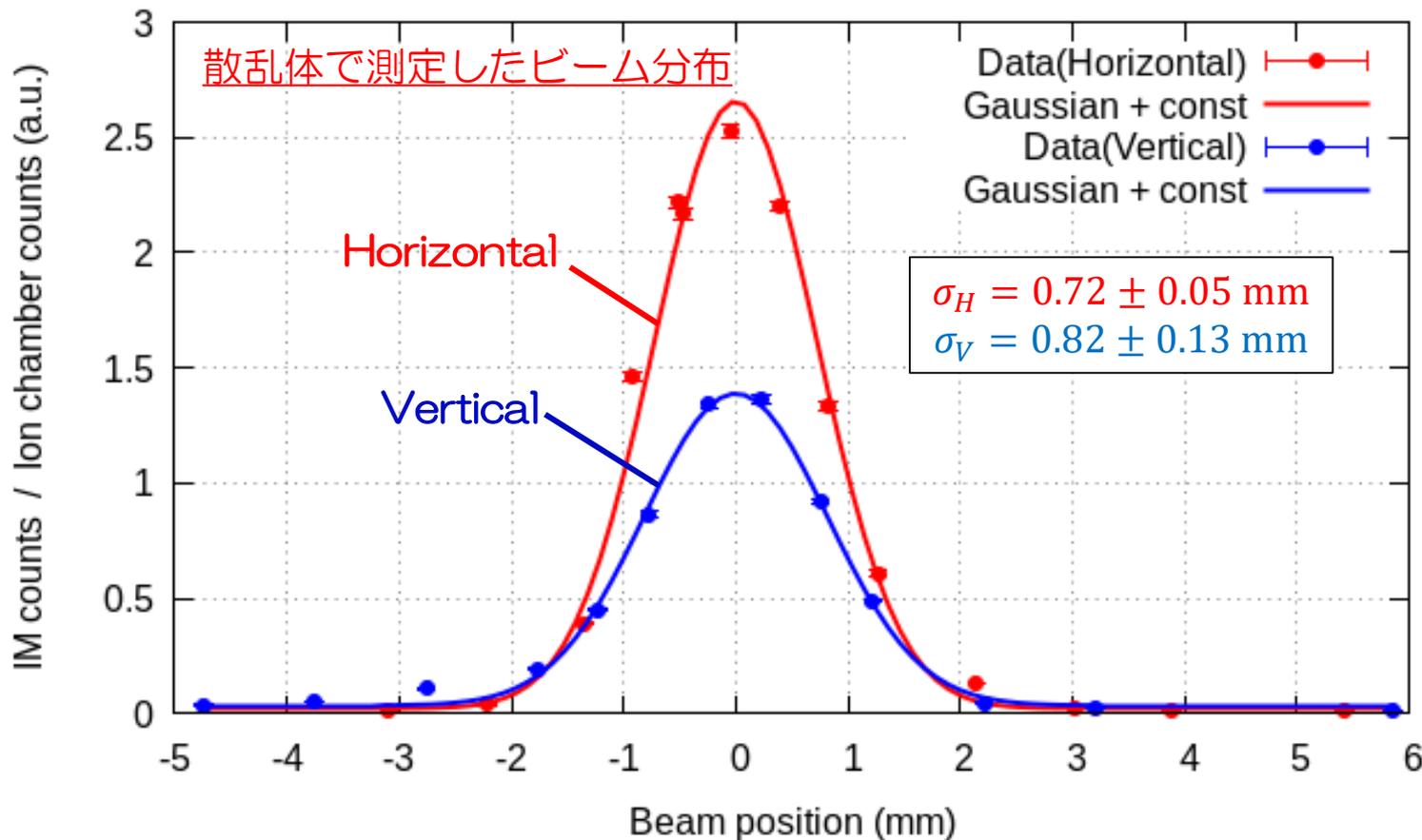
ビーム移動量の測定

- ビーム幅や、距離に対するビーム分布を求めるために、ステアリング磁石電流値とビーム移動量の関係性を測定する必要がある。
- 標的チェンバーとダクトの間に、電離箱を挿入し、ステアリング磁石電流とビーム移動量の関係性を事前に測定した。



ビームプロファイル（散乱体ターゲットティング）

- ステアリング磁石電流とビーム移動量の関係を用いて、ビーム分布をもとめた。
- 水平方向、鉛直方向ともに、おおよそ正規分布に近いビーム分布であり、ビームチューニングの結果、目標ビーム幅 $\sigma = 1.5$ mmより十分細く、実験に使用出来る水準であることを確認できた。



まとめ

- J-PARC高運動量ビームラインが新設され、2020年5月、ビーム取り出しに成功した。
- 高運動量ビームラインで行われるE16実験に使用する標的チェンバーを開発し、下記の要求仕様を全て満たした。
 - ◎磁場中で使用でき、ビームプロファイルが測定可能なこと
 - ◎低BG化のため、低物質材料のみで製作し、Heを封入して使用できること
 - 十分な気密性を損なうことなく、標的切り替えが可能なこと
 - ◎散乱体、実験標的の製作・設置精度は ± 0.1 mm以内であること
- 2020年5月～6月のビームコミッショニングにおいて、散乱体を用いたビームプロファイル測定を実施した。
- ビーム分布は、水平方向、鉛直方向ともに、おおよそ正規分布であり、ビーム幅は、 $\sigma_H = 0.72 \pm 0.05$ mm、 $\sigma_V = 0.82 \pm 0.13$ mmであった。
- 目標ビーム幅 $\sigma = 1.5$ mmより十分細く、実験に使用出来る水準であった。